

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE



10/058-085

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2001年 7月24日

出願番号
Application Number:

特願2001-223226

[ST.10/C]:

[JP2001-223226]

出願人
Applicant(s):

古河電気工業株式会社

RECEIVED

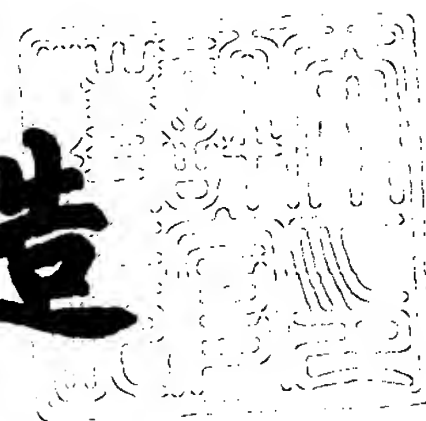
MAY 21 2002

Technology Center 2600

2002年 4月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3031262

【書類名】 特許願

【整理番号】 A10308

【提出日】 平成13年 7月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 奈良 一孝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 柏原 一久

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100093894

【弁理士】

【氏名又は名称】 五十嵐 清

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 43795

【出願日】 平成13年 2月20日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000480

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特 2 0 0 1 - 2 2 3 2 2 6

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9108379

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光波長合分波器および光合分波システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 本以上の並設された光入力導波路と、該光入力導波路の出射側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出射側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出射側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出射側に複数並設接続された光出力導波路とを有する導波路構成を有し、前記光入力導波路から入力された互いに異なる複数の波長を持った光を前記アレイ導波路によって各波長ごとに位相差をつけて伝搬させる光波長合分波器において、該光波長合分波器の自由スペクトル領域を Δf_{fsr} 、前記光入力導波路から入力される光の周波数間隔を Δf_{ch} 、前記光出力導波路の本数を N_{ch} としたとき、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにしたことを特徴とする光波長合分波器。

【請求項 2】 少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、マルチモードとなる幅のマルチモード導波路が接続されており、該マルチモード導波路の少なくとも一部分にアレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光波長合分波器。

【請求項 3】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成していることを特徴とする請求項 2 記載の光波長合分波器。

【請求項 4】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の光波長合分波器。

【請求項 5】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅

端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の光波長合分波器。

【請求項 6】 少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路が接続されており、該台形状導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、マルチモードとなる幅を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光波長合分波器。

【請求項 7】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成していることを特徴とする請求項 6 記載の光波長合分波器。

【請求項 8】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の光波長合分波器。

【請求項 9】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられていることを特徴とする請求項 6 記載の光波長合分波器。

【請求項 10】 少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす端部幅を有するシングルモード端部幅導波路が接続されており、該シングルモード端部幅導波路の少なくとも一部分にアレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 1】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成していることを特徴とする請求項 1 0 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 2】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されていることを特徴とする請求項 1 0 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 3】 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられていることを特徴とする請求項 1 0 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 4】 少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路が接続されており、該台形状導波路の前記アレイ導波路と反対側の端部幅は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす幅であることを特徴とする請求項 1 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 5】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成していることを特徴とする請求項 1 4 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 6】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されていることを特徴とする請求項 1 4 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 7】 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上

の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられていることを特徴とする請求項 1 4 記載の光波長合分波器。

【請求項 1 8】 請求項 1 乃至請求項 1 7 のいずれか一つに記載の光波長合分波器のそれぞれの光出力導波路に、1 本以上の並設された光入力導波路と、該光入力導波路の出射側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出射側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出射側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出射側に複数並設接続された光出力導波路とを有するアレイ導波路型回折格子を接続し、前記光波長合分波器のそれぞれの光出力導波路から出力される互いに異なる複数の波長を持った光を前記アレイ導波路型回折格子によってそれぞれの波長ごとに分波してそれぞれのアレイ導波路型回折格子の光出力導波路からそれぞれの波長の信号光を出力することを特徴とする光合分波システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信分野等に適用される光波長合分波器および光合分波システムに関するものである。

【0 0 0 2】

【背景技術】

高密度波長多重システムにおいて、現状よりもさらに波長多重数を増加する手段として、図 1 4 に示すようなインターリーブ方式の光合分波システムが検討されている。このインターリーブ方式の光合分波システムは、光波長合分波器としてのインターリーバ波長合分波器 1 の複数（ここでは 2 つ）の出射端にそれぞれ光合分波器 9 a, 9 b を接続して形成されている。

【0 0 0 3】

インターリーバー波長合分波器 1 は、一定光周波数間隔（一定波長間隔）の複数の波長を持った波長多重信号を複数の波長多重信号光に振り分けるものであり、同図においては、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 $\lambda 10$ を持った波長多重信号を、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 5$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 9$ の波長多重光と波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 10$ の波長多重光とに 2 つに振り分けている。

【 0 0 0 4 】

また、光合分波器 9 a，9 b は、アレイ導波路型回折格子等によって形成されるものであり、光合分波器 9 a，9 b は、インターリーバー波長合分波器 1 によって 2 つに分けられた波長多重信号光を、波長ごとに、それぞれ異なる単一波長光に分波する。

【 0 0 0 5 】

ここで、インターリーバー波長合分波器 1 には以下の特性が要求される。すなわち、①低クロストークを実現でき、例えばクロストークが -25 dB 以下であること、②合分波する波長が例えばグリッド波長等の設定波長とほぼ一致する（高い波長確度を有する）こと、③光透過中心波長付近の平坦性が良好であり、例えば 1 dB 帯域幅が 0.2 nm 以上であること、が要求されている。

【 0 0 0 6 】

現在、上記インターリーバー波長合分波器 1 として、図 15 に示すようなマッハツェンダ回路 40（40 a，40 b，40 c）を 2 段に縦列接続した構成が検討されている。なお、マッハツェンダ回路 40（40 a，40 b，40 c）は、2 つの方向性結合部 41，42 の間に位相シフタ 43 を設けて形成されている。

【 0 0 0 7 】

図 15 に示す構成は、2000 年電子情報通信学会総合大会抄録 C-3-84 に記載されているものであり、この構成においては、第 1 段目、第 2 段目のマッハツェンダ回路 40 a，40 b，40 c の構成を互いに完全に一致させることにより、約 -25 dB 以下の低クロストークを実現できる。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 1 5 に示した構成において、製造誤差等に伴い、第 1 段目、第 2 段目のマッハツェンダ回路 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c の構成を互いに完全に一致させることは難しい。

【 0 0 0 9 】

したがって、現在、図 1 5 に示したインターリーバー波長合分波器 1 は、各段のマッハツェンダ回路 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c の作製後に、レーザ等によりマッハツェンダ回路 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c の長さ等を微調整して低クロストークを実現しており、製造時に大掛かりな設備を必要とした。そのため、上記構成のインターリーバー波長合分波器 1 はコストが高くなってしまい、将来、量産しようとしても、量産性が低いと考えられている。

【 0 0 1 0 】

また、上記構成のインターリーバー波長合分波器 1 は、出力部が 2 つに限られるために、それ以上の波長多重信号光に振り分けることができないといった問題もあった。

【 0 0 1 1 】

本発明は上記課題を解決するために成されたものであり、その目的は、大掛かりな装置を用いなくとも製造可能で量産性に富み、波長多重光を 2 つ以上の波長多重信号光に分けることも可能で、低クロストーク、高い波長確度、広い 1 d B 帯域幅を有する光波長合分波器および光合分波システムを提供することにある。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第 1 の発明の光波長合分波器は、1 本以上の並設された光入力導波路と、該光入力導波路の出射側に接続された第 1 のスラブ導波路と、該第 1 のスラブ導波路の出射側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出射側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出射側に複数並設接続された光出力導波路とを有する導波路構成を有し、前記光入力導波路から入力された互いに異なる複数の波長を持った光を前記アレイ導波路によって各

波長ごとに位相差をつけて伝搬させる光波長合分波器において、該光波長合分波器の自由スペクトル領域を Δf_{fsr} 、前記光入力導波路から入力される光の周波数間隔を Δf_{ch} 、前記光出力導波路の本数を N_{ch} としたとき、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにした構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 3 】

また、第2の発明の光波長合分波器は、上記第1の発明の構成に加え、前記少なくとも1本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも1本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、マルチモードとなる幅のマルチモード導波路が接続されており、該マルチモード導波路の少なくとも一部分にアレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 4 】

さらに、第3の発明の光波長合分波器は、上記第2の発明の構成に加え、前記1本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 5 】

さらに、第4の発明の光波長合分波器は、上記第2の発明の構成に加え、前記1本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 6 】

さらに、第5の発明の光波長合分波器は、上記第2の発明の構成に加え、前記1本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、1本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路また

は光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 7 】

さらに、第 6 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 の発明の構成に加え、前記少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路が接続されており、該台形状導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、マルチモードとなる幅を有している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 8 】

さらに、第 7 の発明の光波長合分波器は、上記第 6 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 1 9 】

さらに、第 8 の発明の光波長合分波器は、上記第 6 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 0 】

さらに、第 9 の発明の光波長合分波器は、上記第 6 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 1 】

さらに、第 1 0 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 の発明の構成に加え、前記少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方には、対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす端部幅を有するシングルモード端部幅導波路が接続されており、該シングルモード端部幅導波路の少なくとも一部分にアレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 2 】

さらに、第 1 1 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 0 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 3 】

さらに、第 1 2 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 0 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 4 】

さらに、第 1 3 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 0 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と拡幅導波路の間と、 1 本以上の光出力導波路と拡幅導波路の間の少なくとも一方には、対応する拡幅導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 5 】

さらに、第 1 4 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 の発明の構成に加え、前記少なくとも 1 本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導

波路の入射側の少なくとも一方には、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路が接続されており、該台形状導波路の前記アレイ導波路と反対側の端部幅は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす幅である構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 6 】

さらに、第 1 5 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 4 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、直線導波路が介設されており、該直線導波路は対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅と成している構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 7 】

さらに、第 1 6 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 4 の発明の構成に加え、前記 1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 8 】

さらに、第 1 7 の発明の光波長合分波器は、上記第 1 4 の発明の構成に加え、1 本以上の光入力導波路と台形状導波路の間と、1 本以上の光出力導波路と台形状導波路の間の少なくとも一方には、対応する台形状導波路の狭幅端の幅と同じ幅の等幅導波路が形成されており、この等幅導波路に対応する光入力導波路と光出力導波路の少なくとも一方と等幅導波路との間には、前記対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも狭幅の狭幅直線導波路が設けられている構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 2 9 】

さらに、第 1 8 の発明の光合分波システムは、上記第 1 乃至第 1 7 のいずれか一つの発明の光波長合分波器のそれぞれの光出力導波路に、1 本以上の並設された光入力導波路と、該光入力導波路の出射側に接続された第 1 のスラブ導波路と

、該第 1 のスラブ導波路の出射側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路から成るアレイ導波路と、該アレイ導波路の出射側に接続された第 2 のスラブ導波路と、該第 2 のスラブ導波路の出射側に複数並設接続された光出力導波路とを有するアレイ導波路型回折格子を接続し、前記光波長合分波器のそれぞれの光出力導波路から出力される互いに異なる複数の波長を持った光を前記アレイ導波路型回折格子によってそれぞれの波長ごとに分波してそれぞれのアレイ導波路型回折格子の光出力導波路からそれぞれの波長の信号光を出力する構成をもって課題を解決する手段としている。

【 0 0 3 0 】

本発明の光波長合分波器は、その基本構成を周知のアレイ導波路型回折格子とほぼ同様の構成とし、かつ、自由スペクトル領域を $\Delta f_{f s r}$ 、光入力導波路から入力される光の周波数間隔を $\Delta f_{c h}$ 、光出力導波路の本数を $N_{c h}$ としたとき、 $\Delta f_{f s r} = \Delta f_{c h} \cdot N_{c h}$ の関係が成り立つようにしたものである。

【 0 0 3 1 】

図 1 に、本発明の光波長合分波器の一例の導波路構成を示す。

【 0 0 3 2 】

同図に示すように、本発明の光波長合分波器は、1 本以上の並設された光入力導波路 2 と、その光入力導波路 2 の出射側に接続された第 1 のスラブ導波路 3 と、該第 1 のスラブ導波路 3 の出射側に接続され、互いに設定量異なる長さの複数並設されたチャネル導波路 4 a から成るアレイ導波路 4 と、該アレイ導波路 4 の出射側に接続された第 2 のスラブ導波路 5 と、該第 2 のスラブ導波路 5 の出射側に複数並設接続された光出力導波路 6 とを有する導波路構成を有する。

【 0 0 3 3 】

なお、同図に示す構成においては、光出力導波路 6 の本数を 3 本としているが、光出力導波路 6 の本数、光入力導波路 2 の本数、チャネル導波路 4 a の本数は、それぞれ適宜設定される。

【 0 0 3 4 】

本発明者は、アレイ導波路型回折格子の自由スペクトル領域 (F S R ; F r e e S p e c t r a l R a n g e) に周期性があることに着目した。そして、

本発明者は、以下の検討により、アレイ導波路型回折格子において、上記の如く、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにすることで、インターリーバー波長合分波器として機能する新規の光波長合分波器を提供することにした。以下、本発明者の検討について述べる。

【0035】

まず、アレイ導波路型回折格子によって透過する光の中心周波数（中心光周波数） f と、第2のスラブ導波路から出力される光のX方向の位置 x との関係は、次式（1）により表わされる。

【0036】

$$df/dx = (n_s \cdot D \cdot c) / (L_f \cdot m \cdot \lambda^2) = \{ (n_s \cdot D) / (L_f \cdot \Delta L) \} \cdot (1/n_g) \cdot f \cdot \dots \cdot (1)$$

【0037】

なお、上記X方向は第2のスラブ導波路の幅方向であり、光出力導波路の接続端の配列方向を示す。また、式（1）において、 n_s は第1、第2のスラブ導波路の等価屈折率、 D はアレイ導波路を形成するチャンネル導波路の配列間隔（図1参照）、 c は光速、 L_f は第1、第2のスラブ導波路の焦点距離、 m は回折次数、 λ はアレイ導波路型回折格子の中心波長、 n_g はアレイ導波路の群屈折率である。

【0038】

また、式（1）の意味は、光出力導波路の接続端位置によって、その位置に出力される光周波数が異なることを示しており、光出力導波路の位置が dx だけ動いたときに、その位置に出力される光周波数は df だけずれて出てくることを示す。

【0039】

したがって、光出力導波路の接続端間隔を Δx_{ch} とすると、隣り合う全ての光出力導波路から出力される光の周波数間隔 $\Delta f_{ch}'$ は以下の式（2）で表わされる。

【0040】

$$\Delta f_{ch}' = \{ (n_s \cdot D) / (L_f \cdot \Delta L) \} \cdot (1/n_g) \cdot f \cdot \Delta x_c$$

h
 (2)

【0 0 4 1】

そして、光入力導波路から入力される波長多重光の周波数間隔 Δf_{ch} を、 $\Delta f_{ch} = \Delta f_{ch}'$ とすると、接続端間隔を Δx_{ch} とした光出力導波路から周波数間隔 Δf_{ch} の光を低クロストークで出力することができる。

【0 0 4 2】

また、アレイ導波路型回折格子の自由スペクトル領域 Δf_{fsr} は、以下の式 (3) により表わされる。

【0 0 4 3】

$$\Delta f_{fsr} = c / (n_g \cdot \Delta L + d \theta) \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

【0 0 4 4】

ここで、 ΔL はアレイ導波路の各チャンネル導波路の光路長差、 θ はアレイ導波路から出力される光束の回折角である。光波長合分波器の中心波長付近においては回折角 θ がほぼ 0 であるので、自由スペクトル領域 Δf_{fsr} は、 $\Delta f_{fsr} = c / (n_g \cdot \Delta L)$ とほぼ等しくなる。

【0 0 4 5】

そして、アレイ導波路型回折格子は自由スペクトル領域において周期性があることに着目すると、前記の如く、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにすることで、図 2 に示すように、各光出力導波路から出力される波長に周回性を持たせることができる。

【0 0 4 6】

なお、図 2 は、図 1 に示す構成のアレイ導波路型回折格子についてシミュレーション計算を行なった結果を示しており、この計算に適用したパラメータは、表 1 に示すものである。

【0 0 4 7】

【表 1】

パラメータ名	値
光入力導波路から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch}	1 0 0 G H z
自由スペクトル領域 Δf_{fsr}	3 0 0 G H z
光出力導波路の本数 N_{ch}	3 本
光出力導波路の接続端間隔 Δx_{ch}	2 0 μm
チャンネル導波路の間隔 D	1 5 μm
第 1、第 2 のスラブ導波路の焦点距離 L_f	8 5 9 μm
回折次数 m	6 3 5
第 1、第 2 のスラブ導波路の等価屈折率 n_s	1. 4 5 2 9
アレイ導波路の群屈折率 n_g	1. 4 7 5 1

【 0 0 4 8 】

本発明は、上記本発明者の検討結果に基づいて構成を決定したものであり、レーザ等の大掛かりな装置を必要とせずに、容易に、かつ、正確に製造することができ、低クロストーク、高い波長確度、広い 1 d B 帯域幅を実現できるし、コストも安くできる。また、上記のように、波長多重光を 2 つ以上あるいは 3 つ以上の波長多重信号光に分けることも可能である。

【 0 0 4 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態例の説明において、これまでの説明に用いた図と同一名称部分には同一符号が付してあり、その重複説明は省略する。

【 0 0 5 0 】

まず、本発明に係る光波長合分波器の第 1 実施形態例について説明する。本実施形態例の光波長合分波器は、図 1 に示した導波路構成を有する導波路形成領域を基板上に形成し、表 1 に示したパラメータを有して、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにしたものである。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施形態例の光波長合分波器の製造は、図 4 に示すようにして行われている。まず、図 4 の (a) に示すように、シリコン基板 3 1 上に、火炎加水分解堆積法を用いてアンダークラッド膜 3 2、コア膜 3 3 を形成し、焼結、透明ガラス化する。その後、図 1 に示した回路構成のパターンが描かれたフォトマスク

を介し、フォトリソグラフィー、反応性イオンエッチング法にてコア膜 3 3 に上記パターンを転写して、図 4 の (b) に示すようにコア 3 3 a を形成する。

【 0 0 5 2 】

その後、図 4 の (c) に示すように、火炎加水分解堆積法を用いてコア 3 3 a を覆うオーバークラッド膜 3 4 を形成し、焼結、透明ガラス化して同図の (d) に示すようにした。なお、図 4 において、符号 4 0 はバーナを示している。

【 0 0 5 3 】

本実施形態例は以上のように構成されており、図 1 に示すように、例えば波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、 $\lambda 3$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 5$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 7$ 、 $\lambda 8$ 、 $\lambda 9$ 、 \dots の波長多重光を入射したときに、第 1 ポートとしての光出力導波路 6 a からは、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 4$ 、 $\lambda 7$ 、 \dots の波長多重光を出力し、第 2 ポートとしての光出力導波路 6 b からは、波長 $\lambda 2$ 、 $\lambda 5$ 、 $\lambda 8$ 、 \dots の波長多重光を出力し、第 3 ポートとしての光出力導波路 6 c からは、波長 $\lambda 3$ 、 $\lambda 6$ 、 $\lambda 9$ 、 \dots の波長多重光を出力する。

【 0 0 5 4 】

なお、図 3 には、本実施形態例の光波長合分波器の光透過特性例が示されており、特性線 a が光出力導波路 6 a から出力する光の透過率、特性線 b が光出力導波路 6 b から出力する光の透過率、特性線 c が光出力導波路 6 c から出力する光の透過率をそれぞれ示す。本実施形態例におけるクロストークの値は約 -30 dB となった。

【 0 0 5 5 】

本実施形態例によれば、上記のように、波長多重光を 3 つの波長多重信号光に分けることができるし、レーザ等の大掛かりな装置を必要とせずに、容易に、かつ、正確に製造することができ、コストも安くできる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施形態例の光波長合分波器は、低クロストーク、高い波長確度を得ることができ、本実施形態例の光波長合分波器を用いて光合分波システムを形成すれば、適宜の数の互いに異なる波長の光を低クロストーク、高い波長確度で分波することができる。

【 0 0 5 7 】

また、本実施形態例の光波長合分波器は、例えば図 1 4 に示したような光合分波システムを構成することができる。なお、同図においては、インターリーバ光波長合分波器 1 の出力部が 2 つであるが、本実施形態例の光波長合分波器を適用する場合、3 つの出力部を有する構成となり、光波長合分波器のそれぞれの光出力導波路 6 a, 6 b, 6 c に、光合分波器 9 a, 9 b, 9 c (9 c は、図 1 4 には図示せず) としてアレイ導波路型回折格子を接続する。

【 0 0 5 8 】

本実施形態例の光波長合分波器を適用して形成される上記構成の光合分波システムは、インターリーバ光波長合分波器 1 のそれぞれの光出力導波路から出力される互いに異なる複数の波長を持った光を前記アレイ導波路型回折格子 (光合分波器 9 a, 9 b, 9 c) によってそれぞれの波長ごとに分波してそれぞれのアレイ導波路型回折格子の光出力導波路からそれぞれの互いに異なる波長の信号光を低クロストーク、高い波長確度で分波することができる。

【 0 0 5 9 】

図 5 には、本発明に係る光波長合分波器の第 2 実施形態例が平面図により示されており、図 5 の破線枠 A 内の拡大図が図 6 に示されている。本第 2 実施形態例は、上記第 1 実施形態例とほぼ同様に構成されており、本第 2 実施形態例が上記第 1 実施形態例と異なる特徴的なことは、各光入力導波路 2 の出射側の構成を図 6 に示すような構成としたことである。

【 0 0 6 0 】

すなわち、本第 2 実施形態例では、図 5、図 6 に示すように、各光入力導波路 2 の出射側に、各光入力導波路 2 の幅よりも広幅で、かつ、第 1 のスラブ導波路 3 側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続した。台形状導波路 1 5 の入口である上底 1 4 の幅はマルチモードとなる幅を有しており、台形状導波路 1 5 の斜辺 1 3 は実質的にほぼ直線と成している。

【 0 0 6 1 】

なお、このような光入力導波路の出射側の構成は特願 2 0 0 0 - 2 8 5 4 4 8 に提案されている。本第 2 実施形態例においても、この提案と同様に、台形状導

波路 1 5 はマルチモードとなる幅のマルチモード導波路として機能し、かつ、光の進行方向に向かうにつれて拡幅する形状の導波路として機能する。

【 0 0 6 2 】

図 6 に示すように、台形状導波路 1 5 は、対応する各光入力導波路 2 の幅 (W_1) よりも広幅 (W_3) の上底 1 4 を有しており、テーパ角度 θ で拡幅している。そして、台形状導波路 1 5 の幅は、台形状導波路 1 5 の全領域において、対応する光入力導波路 2 の幅よりも広幅と成している。また、台形状導波路 1 5 の下底 1 6 は僅かに曲線状と成しており、この下底 1 6 の幅は W_4 である。

【 0 0 6 3 】

本第 2 実施形態例において、上記パラメータは、以下のように形成されている。すなわち、光入力導波路 2 の幅 $W_1 = 6.5 \mu\text{m}$ 、台形状導波路 1 5 の上底 1 4 の幅 $W_3 = 20.0 \mu\text{m}$ 、テーパ角度 $\theta = 0.4^\circ$ 、台形状導波路 1 5 の下底 1 6 の幅 $W_4 = 35.0 \mu\text{m}$ である。

【 0 0 6 4 】

また、本第 2 実施形態例は、表 2 に示すパラメータを有して、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つように形成されている。なお、本第 2 実施形態例の製造方法は、上記第 1 実施形態例と同様である。

【 0 0 6 5 】

【表 2】

パラメータ名	値
光入力導波路から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch}	1 0 0 G H z
自由スペクトル領域 Δf_{fsr}	3 0 0 G H z
光出力導波路の本数 N_{ch}	3 本
光出力導波路の接続端間隔 Δx_{ch}	3 0 μm
チャンネル導波路の間隔 D	1 5 μm
第 1、第 2 のスラブ導波路の焦点距離 L_f	1 2 6 1. 8 μm
回折次数 m	6 3 5
第 1、第 2 のスラブ導波路の等価屈折率 n_s	1. 4 5 2 9
アレイ導波路の群屈折率 n_g	1. 4 7 5 1

【 0 0 6 6 】

本第 2 実施形態例は以上のように構成されており、本第 2 実施形態例も上記第 1 実施形態例と同様の動作により同様の効果を奏することができ、本第 2 実施形

態例を適用して形成される光合分波システムも上記第 1 実施形態例を適用して形成される光合分波システムと同様の効果を奏することができる。

【0067】

また、本第 2 実施形態例の光波長合分波器は、上記のように、光入力導波路 2 の出力端側の構成を図 6 に示すような構成とすることにより、上記第 1 実施形態例よりもさらに、より一層広い 1 dB 帯域幅、低クロストーク、高い波長確度を、得ることができ、本実施形態例を適用して形成される光合分波システムも、それぞれの互いに異なる波長の信号光を、より一層、低クロストーク、高い波長確度で分波することができる。

【0068】

図 7 には、本第 2 実施形態例の光波長合分波器の光透過特性例が示されており、特性線 a が光出力導波路 6 a から出力する光の透過率、特性線 b が光出力導波路 6 b から出力する光の透過率、特性線 c が光出力導波路 6 c から出力する光の透過率をそれぞれ示す。

【0069】

なお、本第 2 実施形態例においては、各光入力導波路 2 の出射側に、各光入力導波路 2 の幅よりも広幅で、マルチモードとなる幅を有し、かつ、第 1 のスラブ導波路側（アレイ導波路 4 側）に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続した構成例を示したが、例えば図 1 3 の（g）に示すように、各光出力導波路 6 の入射側に、各光出力導波路 6 の幅よりも広幅で、マルチモードとなる幅を有し、かつ、第 2 のスラブ導波路 5 側（アレイ導波路 4 側）に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続した構成であってもよい。

【0070】

図 8 には、本発明に係る光波長合分波器の第 3 実施形態例が平面図により示されている。本第 3 実施形態例は上記第 1 実施形態例とほぼ同様に構成されており、本第 3 実施形態例が上記第 1 実施形態例と異なる特徴的なことは、光出力導波路 6 の本数を 2 本とし、表 3 に示すパラメータを有する構成としたことである。

【0071】

【表 3】

パラメータ名	値
光入力導波路から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch}	5 0 G H z
自由スペクトル領域 Δf_{fsr}	1 0 0 G H z
光出力導波路の本数 N_{ch}	2 本
光出力導波路の接続端間隔 Δx_{ch}	2 0 μm
チャンネル導波路の間隔 D	1 5 μm
第 1、第 2 のスラブ導波路の焦点距離 L_f	5 7 4 . 1 8 μm
回折次数 m	1 9 0 0
第 1、第 2 のスラブ導波路の等価屈折率 n_s	1 . 4 5 2 9
アレイ導波路の群屈折率 n_g	1 . 4 7 5 1

【0 0 7 2】

本第 3 実施形態例は以上のように構成されており、本第 3 実施形態例も上記第 1 実施形態例と同様の動作により同様の効果を奏することができ、本第 3 実施形態例を適用して形成される光合分波システムも上記第 1 実施形態例を適用して形成される光合分波システムと同様の効果を奏することができる。

【0 0 7 3】

なお、図 9 には、本第 3 実施形態例の光波長合分波器の光透過特性例が示されており、特性線 a が光出力導波路 6 a から出力する光の透過率、特性線 b が光出力導波路 6 b から出力する光の透過率をそれぞれ示す。本第 3 実施形態例におけるクロストークの値は - 2 7 d B となった。

【0 0 7 4】

図 1 0 には、本発明に係る光波長合分波器の第 4 実施形態例が平面図により示されており、図 1 0 の破線枠 A 内の拡大図が図 1 1 に示されている。本第 4 実施形態例は、上記第 2 実施形態例とほぼ同様に構成されており、本第 4 実施形態例が上記第 2 実施形態例と異なる特徴的なことは、各光入力導波路 2 の出射側の構成を図 1 1 に示すような構成としたことである。

【0 0 7 5】

すなわち、本第 4 実施形態例では、図 1 0、図 1 1 に示すように、各光入力導波路 2 の出射側に、各光入力導波路 2 の幅よりも広幅で、かつ、第 1 のスラブ導波路 3 側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続しているが、本第 4 実施形態例において、台形状導波路 1 5 の入口である上底 1 4 の幅はシングルモ

ード条件を満たす幅を有している。

【0076】

なお、このような光入力導波路の出射側の構成は特願 2 0 0 0 - 4 0 0 3 6 2 に提案されている。本第 4 実施形態例においても、この提案と同様に、台形状導波路 1 5 は光入力導波路 2 の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす端部幅を有するシングルモード端部幅導波路であり、かつ、台形状導波路 1 5 は、光の進行方向に向かうにつれて（この場合、第 1 のスラブ導波路 3 側に向かうにつれて）拡幅する形状の拡幅導波路である。

【0077】

図 1 1 に示すように、台形状導波路 1 5 は、対応する各光入力導波路 2 の幅（ $W1$ ）よりも広幅（ $W3$ ）の上底 1 4 を有しており、テーパ角度 θ で拡幅している。台形状導波路 1 5 の斜辺 1 3 は実質的にほぼ直線と成しており、台形状導波路 1 5 の幅は、台形状導波路 1 5 の全領域において、対応する光入力導波路 2 の幅よりも広幅と成している。また、台形状導波路 1 5 の下底 1 6 は僅かに曲線状と成しており、この下底 1 6 の幅は $W4$ である。

【0078】

本第 4 実施形態例において、上記パラメータは、以下のように形成されている。すなわち、光入力導波路 2 の幅 $W1 = 6.5 \mu m$ 、台形状導波路 1 5 の上底 1 4 の幅 $W3 = 7.5 \mu m$ 、テーパ角度 $\theta = 0.2^\circ$ 、台形状導波路 1 5 の下底 1 6 の幅 $W4 = 19.0 \mu m$ である。

【0079】

また、本第 4 実施形態例は、表 4 に示すパラメータを有して、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つように形成されている。

【0080】

【表 4】

パラメータ名	値
光入力導波路から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch}	1 0 0 G H z
自由スペクトル領域 $\Delta f_{f,r}$	3 0 0 G H z
光出力導波路の本数 N_{ch}	3 本
光出力導波路の接続端間隔 Δx_{ch}	2 0 μm
チャンネル導波路の間隔 D	1 5 μm
第 1、第 2 のスラブ導波路の焦点距離 L_f	8 5 9 μm
回折次数 m	6 3 5
第 1、第 2 のスラブ導波路の等価屈折率 n_s	1. 4 5 2 9
アレイ導波路の群屈折率 n_g	1. 4 7 5 1

【0 0 8 1】

本第 4 実施形態例は以上のように構成されており、本第 4 実施形態例も上記第 2 実施形態例と同様の動作により同様の効果を奏することができ、本第 4 実施形態例を適用して形成される光合分波システムも上記第 2 実施形態例を適用して形成される光合分波システムと同様の効果を奏することができる。

【0 0 8 2】

図 1 2 には、本第 4 実施形態例の光波長合分波器の光透過特性例が示されており、特性線 a が光出力導波路 6 a から出力する光の透過率、特性線 b が光出力導波路 6 b から出力する光の透過率、特性線 c が光出力導波路 6 c から出力する光の透過率をそれぞれ示す。

【0 0 8 3】

なお、本第 4 実施形態例においては、各光入力導波路 2 の出射側に、各光入力導波路 2 の幅よりも広幅で、かつ、上底 1 4 がシングルモード条件を満たす幅を有し、さらに、第 1 のスラブ導波路側（アレイ導波路 4 側）に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続した構成例を示したが、例えば図 1 3 の（h）に示すように、各光出力導波路 6 の入射側に、各光出力導波路 6 の幅よりも広幅で、上底 1 4 がシングルモード条件を満たす幅を有し、さらに、第 2 のスラブ導波路 5 側（アレイ導波路 4 側）に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続した構成であってもよい。

【0 0 8 4】

なお、本発明は上記実施形態例に限定されることはなく様々な実施の態様を採

得る。例えば、上記第 1、第 2、第 4 実施形態例では、光出力導波路 6 の本数をいずれも 3 本とし、上記第 3 実施形態例では光出力導波路 6 の本数を 2 本としたが、光出力導波路 6 の本数は特に限定されるものではなく、適宜設定されるものである。すなわち、本発明は、光波長合分波器の自由スペクトル領域 Δf_{fsr} 、光入力導波路 2 から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch} 、光出力導波路 6 の本数 N_{ch} の関係が、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ となるように適宜設定されるものである。

【 0 0 8 5 】

また、光波長合分波器において、少なくとも 1 本以上の光入力導波路 2 の出射側と少なくとも 1 本以上の光出力導波路 6 の入射側の少なくとも一方に、図 1 3 の各図に示すような導波路構成を接続することにより、上記第 2、第 4 実施形態例と同様に、より一層広い 1 dB 帯域幅、低クロストーク、高い波長確度を得ることができる。

【 0 0 8 6 】

図 1 3 の (a)、(i) に示す構成は、光入力導波路 2 または光出力導波路 6 に、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続し、該台形状導波路 1 5 は対応する光入力導波路 2 または光出力導波路 6 の幅よりも広幅で、かつ、マルチモードとなる幅を有する構成とし、さらに、台形状導波路 1 5 の狭幅端に、その幅と同じ幅の等幅導波路 2 5 を設けた構成である。

【 0 0 8 7 】

なお、このような光入力導波路の出射側の構成および光出力導波路の入射側の構成の詳細は前記特願 2 0 0 0 - 2 8 5 4 4 8 に提案されている。

【 0 0 8 8 】

図 1 3 の (b)、(j) に示す構成は、光入力導波路 2 または光出力導波路 6 に、アレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する台形状導波路 1 5 を接続し、該台形状導波路 1 5 の前記アレイ導波路と反対側の端部幅を対応する光入力導波路 2 または光出力導波路 5 の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす幅とし、さらに、台形状導波路 1 5 の狭幅端に、その幅と同じ幅の等幅導波路 2 5 を設けた構成である。

【 0 0 8 9 】

なお、このような光入力導波路の出射側の構成および光出力導波路の入射側の構成の詳細は前記特願 2 0 0 0 - 4 0 0 3 6 2 に提案されている。

【 0 0 9 0 】

図 1 3 の (c)、(d)、(k)、(m) に示す構成は、光入力導波路 2 または光出力導波路 6 と台形状導波路 1 5 との間に、対応する光入力導波路 2 または光出力導波路 6 の幅よりも狭幅の直線導波路（狭幅直線導波路） 2 6 を設けた構成である。

【 0 0 9 1 】

図 1 3 の (e)、(f)、(n)、(p) に示す構成は、台形状導波路 1 5 の狭幅端に、その幅と同じ幅の等幅導波路 2 5 を設け、さらに、光入力導波路 2 または光出力導波路 6 と等幅状導波路 2 5 との間に、対応する光入力導波路 2 または光出力導波路 6 の幅よりも狭幅の直線導波路 2 6 を設けた構成である。

【 0 0 9 2 】

これらのような光入力導波路の出射側の構成および光出力導波路の入射側の構成の詳細な構成も、特願 2 0 0 0 - 2 8 5 4 4 8、特願 2 0 0 0 - 4 0 0 3 6 2 に記載されている。

【 0 0 9 3 】

これらの構成のように、狭幅の直線導波路 2 6 を設けた構成によれば、例えば光入力導波路 2 が曲線部を有していて、光がこの曲線部を伝搬するときに光強度分布の中心位置が光入力導波路幅方向中心位置からずれたとしても、直線導波路 2 6 を通るときに光強度分布の中心位置を直線導波路 2 6 の中心に移動させることができる。したがって、台形状導波路 1 5 から出射する光強度分布形状を全体的に歪みの無いものとすることができる。

【 0 0 9 4 】

なお、上記直線導波路 2 6 を設けた構成において、図 1 3 の (c)、(e)、(k)、(n) に示す構成における台形状導波路 1 5 はマルチモード導波路として機能し、図 1 3 の (d)、(f)、(m)、(p) に示す構成における台形状導波路 1 5 はシングルモード端部幅導波路として機能する。

【0095】

つまり、これまでの説明のように、台形状導波路15は、その狭幅端側の幅の構成によって、シングルモード端部幅導波路として機能させたり、マルチモード導波路として機能させたりすることができる。

【0096】

さらに、本発明の光波長合分波器において、光入力導波路の出射側と光出力導波路の入射側の少なくとも一方に上記シングルモード端部幅導波路を設ける場合、シングルモード端部幅導波路は必ずしも台形状導波路を有する構成とするとは限らず、シングルモード端部幅導波路は、対応する光入力導波路または光出力導波路の幅よりも広幅で、かつ、シングルモード条件を満たす端部幅を有する構成とし、かつ、シングルモード端部幅導波路の少なくとも一部分にアレイ導波路側に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有している構成とすればよい。

【0097】

さらに、本発明の光波長合分波器において、光入力導波路の出射側と光出力導波路の入射側の少なくとも一方に上記マルチモード導波路を設ける場合、マルチモード導波路は必ずしも台形状導波路を有する構成とするとは限らず、マルチモード導波路は、マルチモードとなる幅を有し、マルチモード導波路の少なくとも一部分に光の進行方向に向かうにつれて拡幅する形状の拡幅導波路を有している構成とすればよい。

【0098】

【発明の効果】

本発明の光波長合分波器によれば、本発明者の検討結果に基づいて、アレイ導波路型回折格子と同様の導波路構成を有して、その自由スペクトル領域 Δf_{fs} 、光入力導波路から入力される光の周波数間隔 Δf_{ch} 、光出力導波路の本数 N_{ch} の関係が、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ となるようにしたものであるから、レーザ等の大掛かりな装置を必要とせずに、容易に、かつ、正確に製造することができ、広い1dB帯域幅、低クロストーク、高い波長確度を実現できるし、コストも安くできる。

【0099】

また、本発明の光波長合分波器によれば、光出力導波路の本数は適宜設定できるので、波長多重光を2つ以上の波長多重信号光に分けることができる。

【0100】

さらに、本発明の光波長合分波器において、少なくとも1本以上の光入力導波路の出射側と少なくとも1本以上の光出力導波路の入射側の少なくとも一方の構成を特徴的な構成とした第2～第17の発明によれば、より一層広い1dB帯域幅、低クロストーク、高い波長確度を得ることができる。

【0101】

さらに、本発明の光合分波システムによれば、上記優れた効果を奏する光波長合分波器を適用し、適宜の数の互いに異なる波長の光を低クロストーク、高い波長確度で分波することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る光波長合分波器の第1実施形態例を示す要部構成図である。

【図2】

上記実施形態例の光透過特性のシミュレーション結果を示すグラフである。

【図3】

上記実施形態例の通過スペクトルを示すグラフである。

【図4】

上記実施形態例の製造方法を断面図により示す説明図である。

【図5】

本発明に係る光波長合分波器の第2実施形態例を示す要部構成図である。

【図6】

上記第2実施形態例における光入力導波路の出力端側構成を示す説明図である。

【図7】

上記第2実施形態例の通過スペクトルを示すグラフである。

【図8】

本発明に係る光波長合分波器の第3実施形態例を示す要部構成図である。

【図 9】

上記第 3 実施形態例の通過スペクトルを示すグラフである。

【図 1 0】

本発明に係る光波長合分波器の第 4 実施形態例を示す要部構成図である。

【図 1 1】

上記第 4 実施形態例における光入力導波路の出力端側構成を示す説明図である。

【図 1 2】

上記第 4 実施形態例の通過スペクトルを示すグラフである。

【図 1 3】

本発明に係る光波長合分波器の他の実施形態例における光入力導波路または光出力導波路の端部構成例を模式的に示す説明図である。

【図 1 4】

インターリーブ方式の光合分波システム例を示す説明図である。

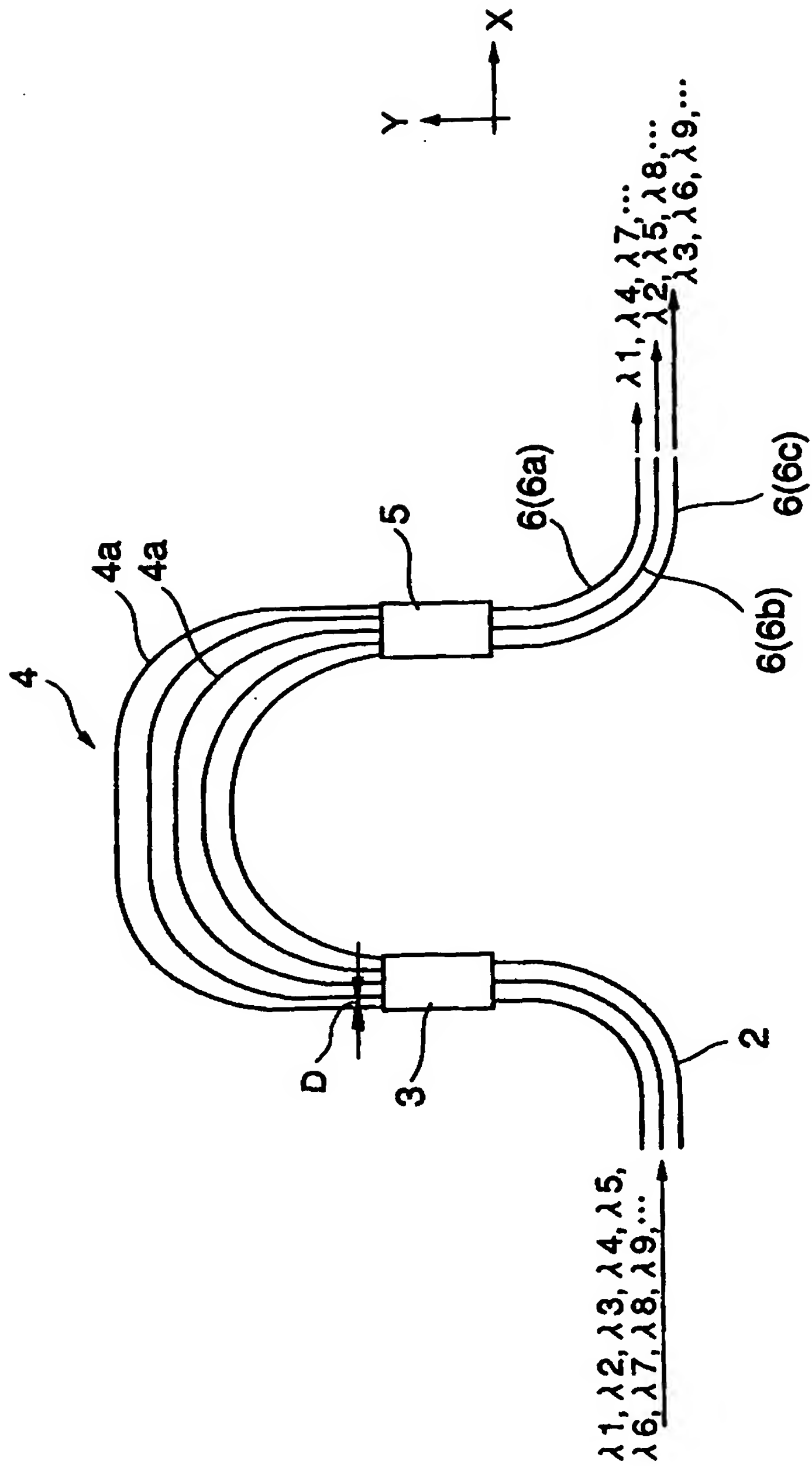
【図 1 5】

従来提案されているインターリーバ波長合分波器の例を示す説明図である。

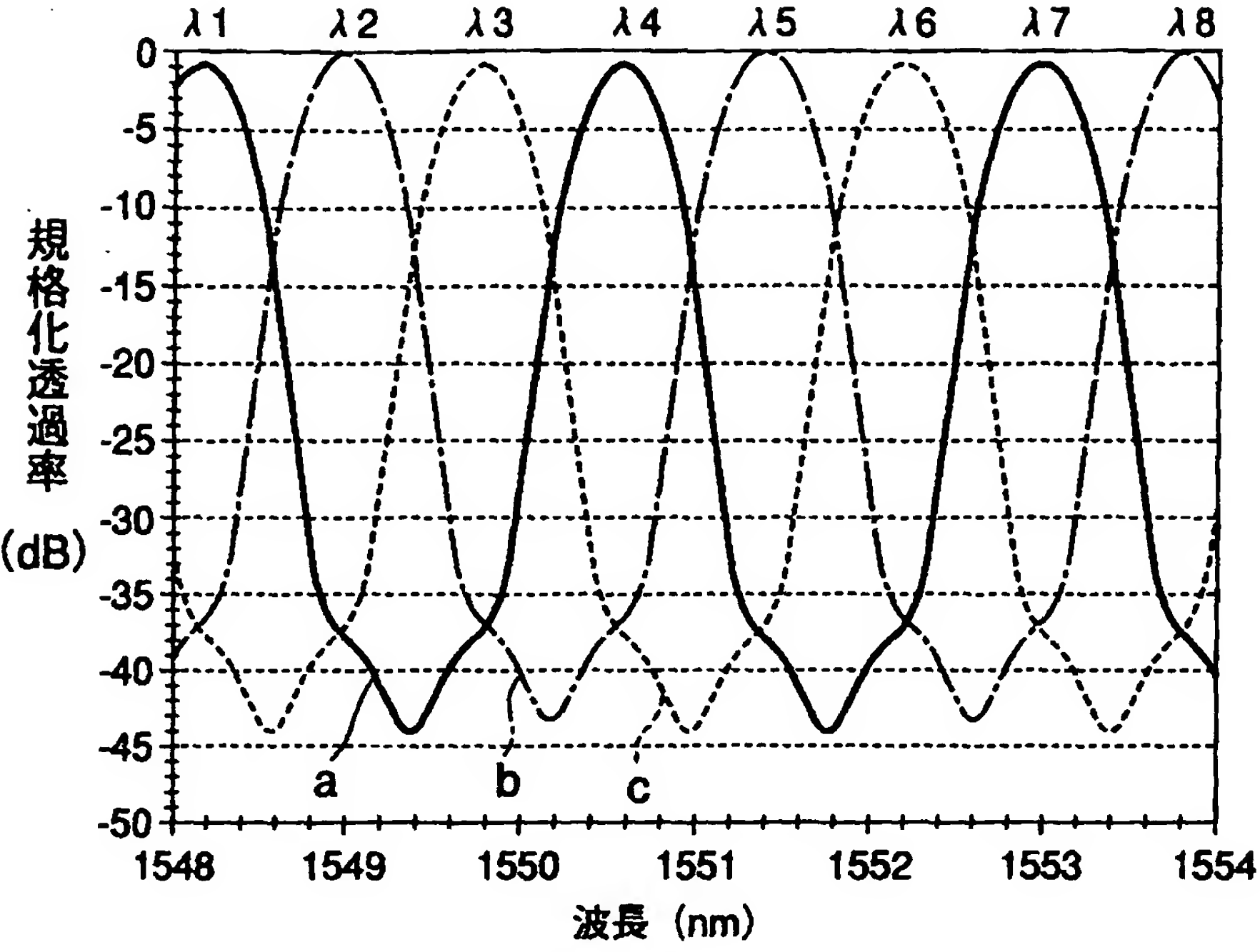
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光入力導波路
- 3 第 1 のスラブ導波路
- 4 アレイ導波路
 - 4 a チャンネル導波路
- 5 第 2 のスラブ導波路
- 6 光出力導波路
- 1 5 台形状導波路
- 2 5 等幅導波路
- 2 6 直線導波路（狭幅直線導波路）

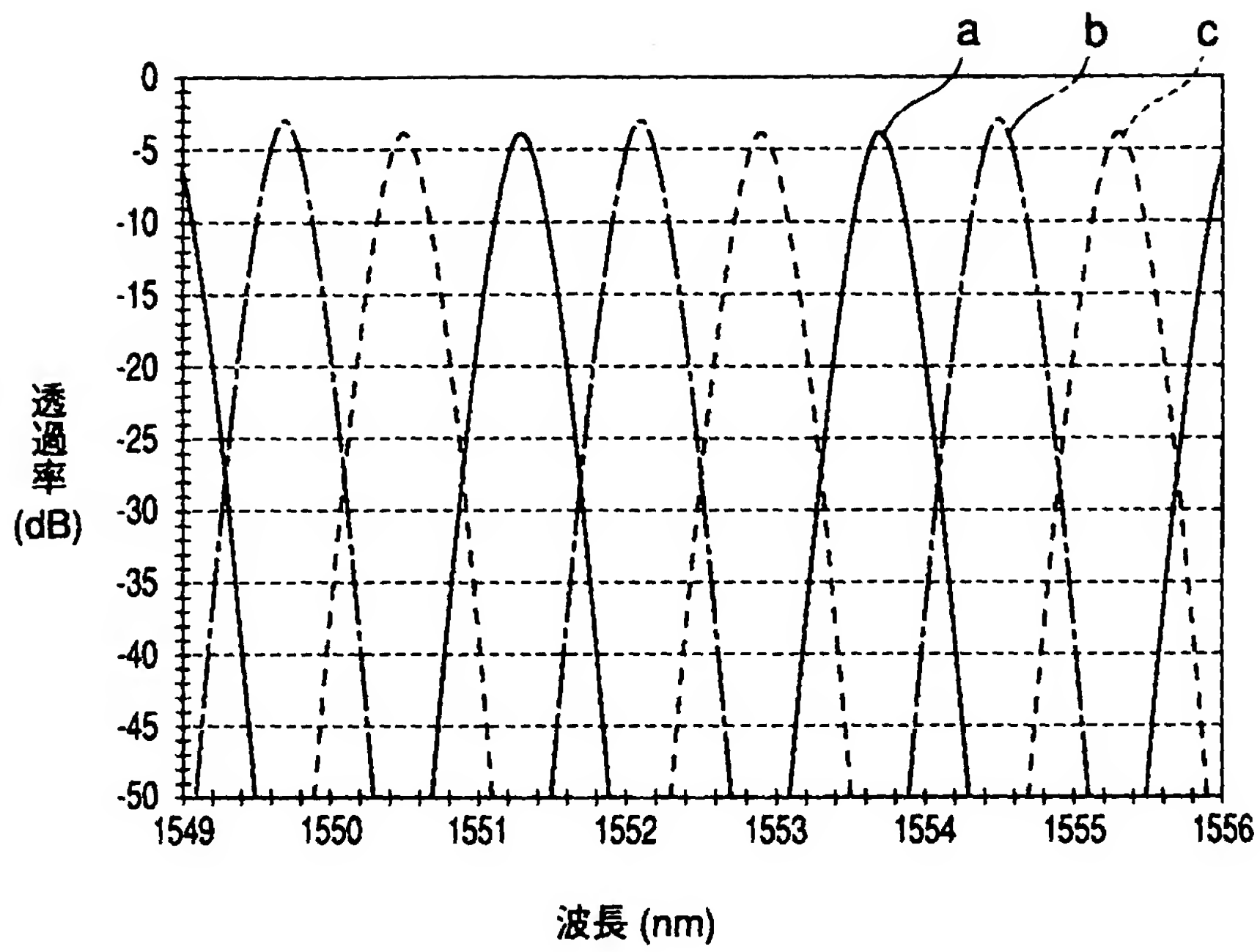
【書類名】 図面
【図 1】



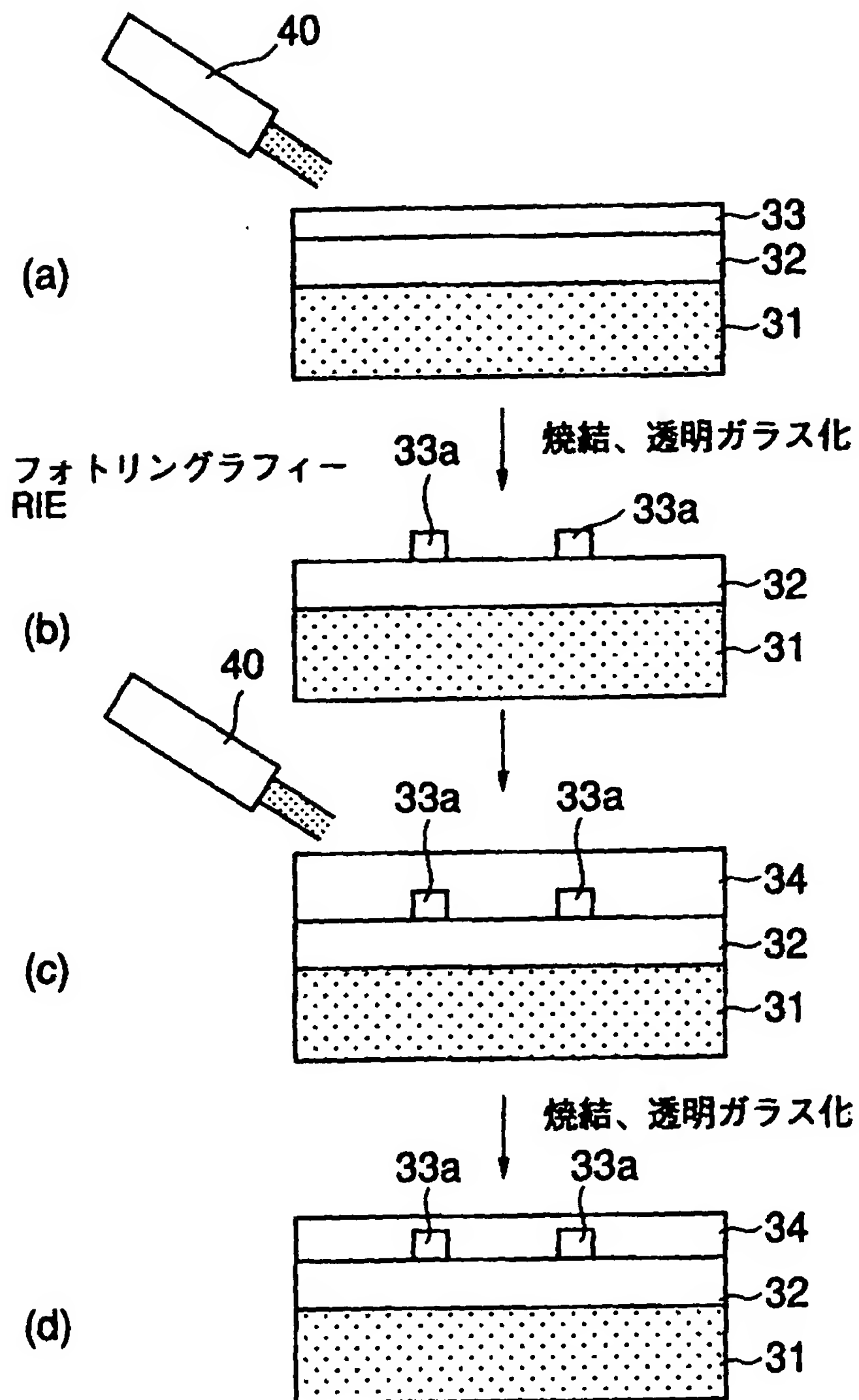
【図 2】



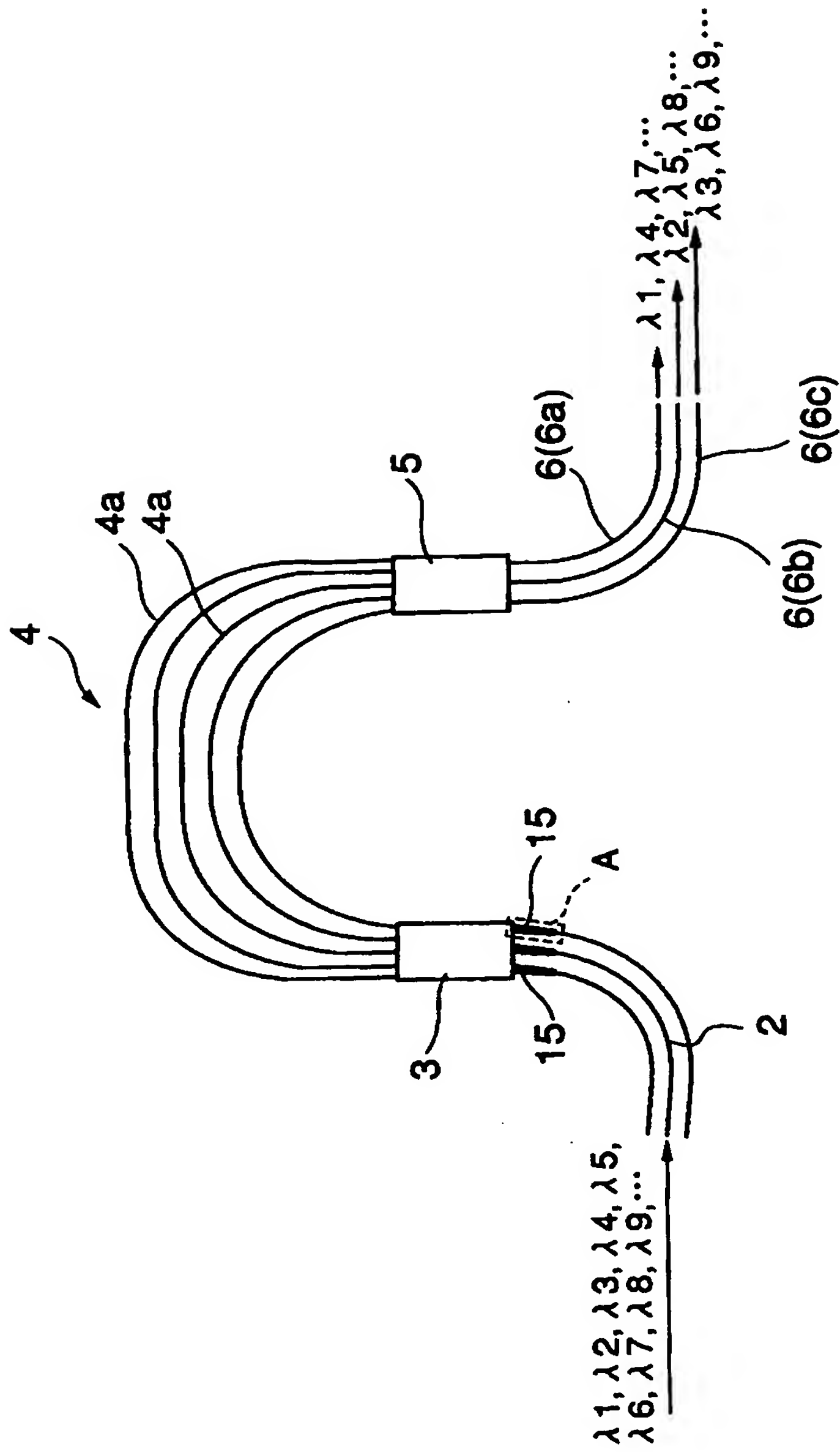
【図 3】



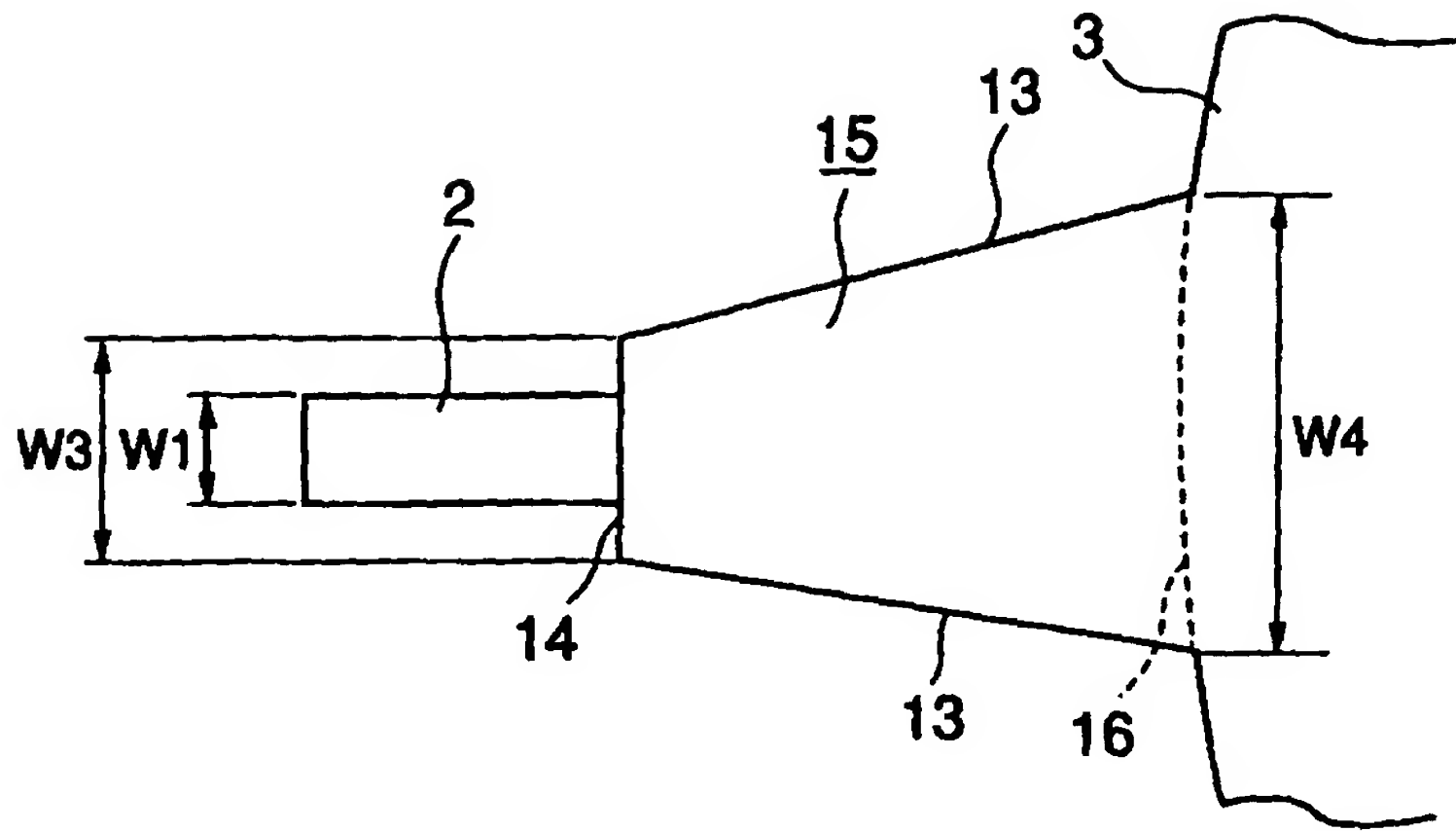
【図 4】



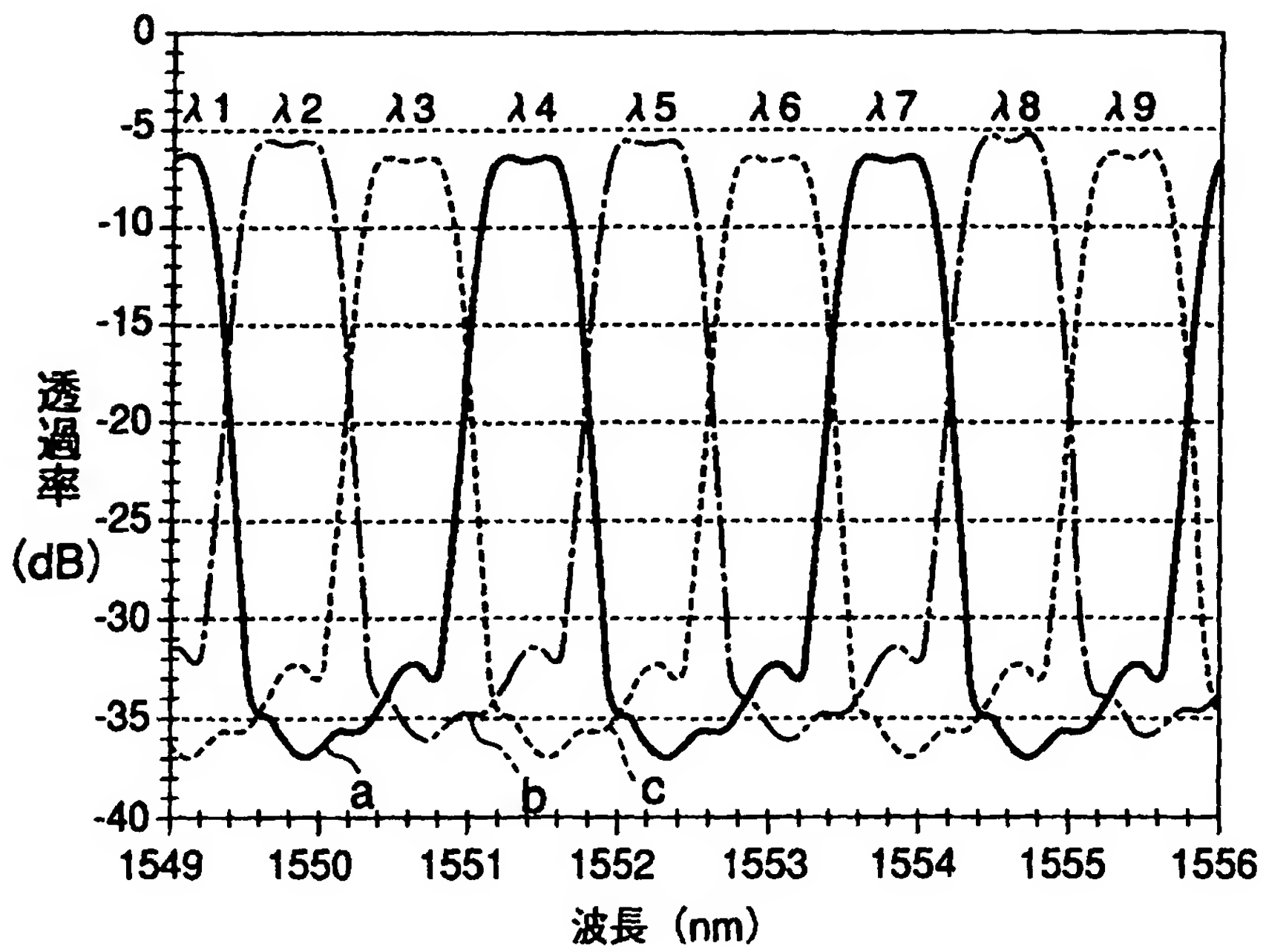
【図 5】



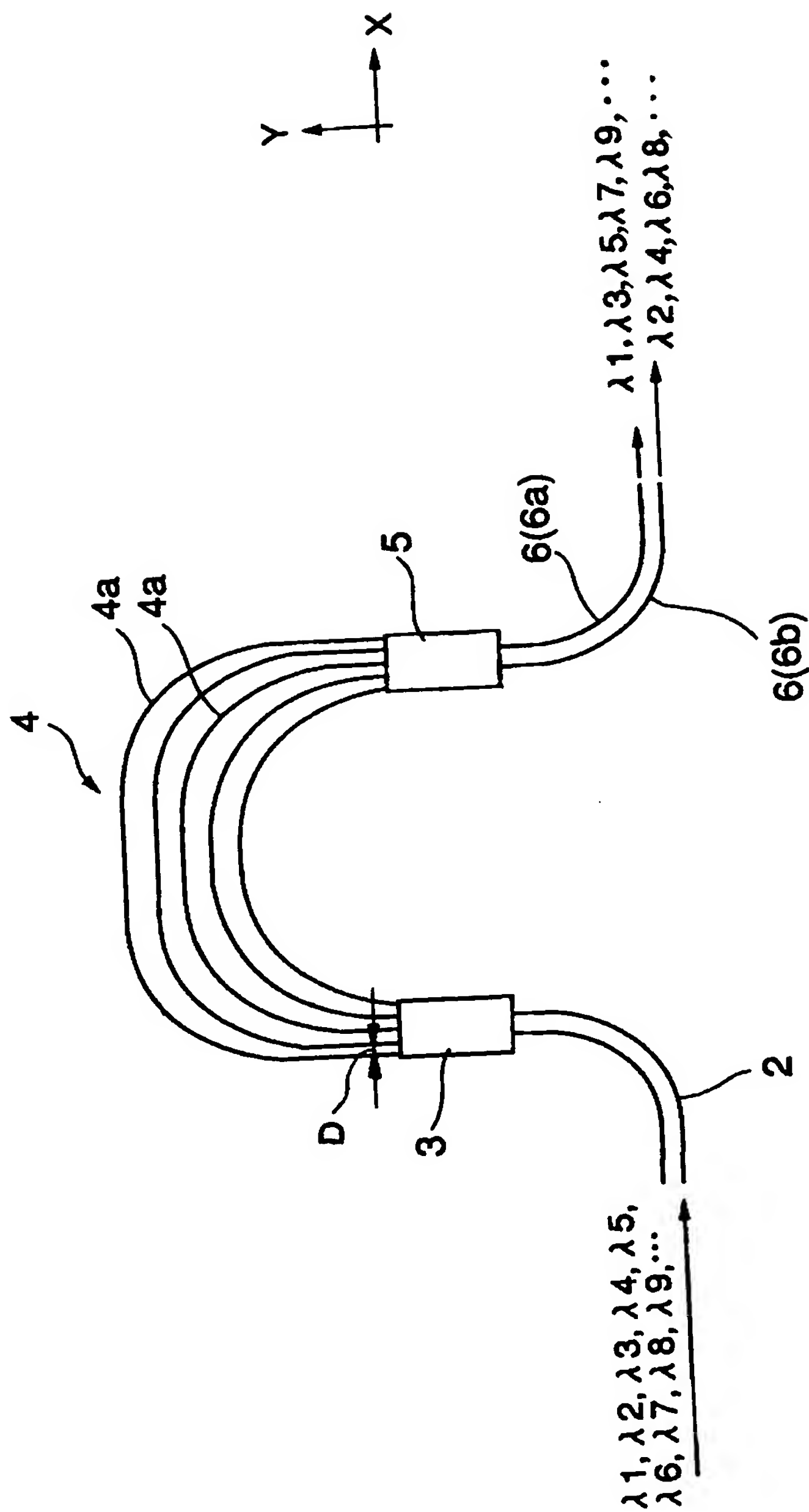
【図 6】



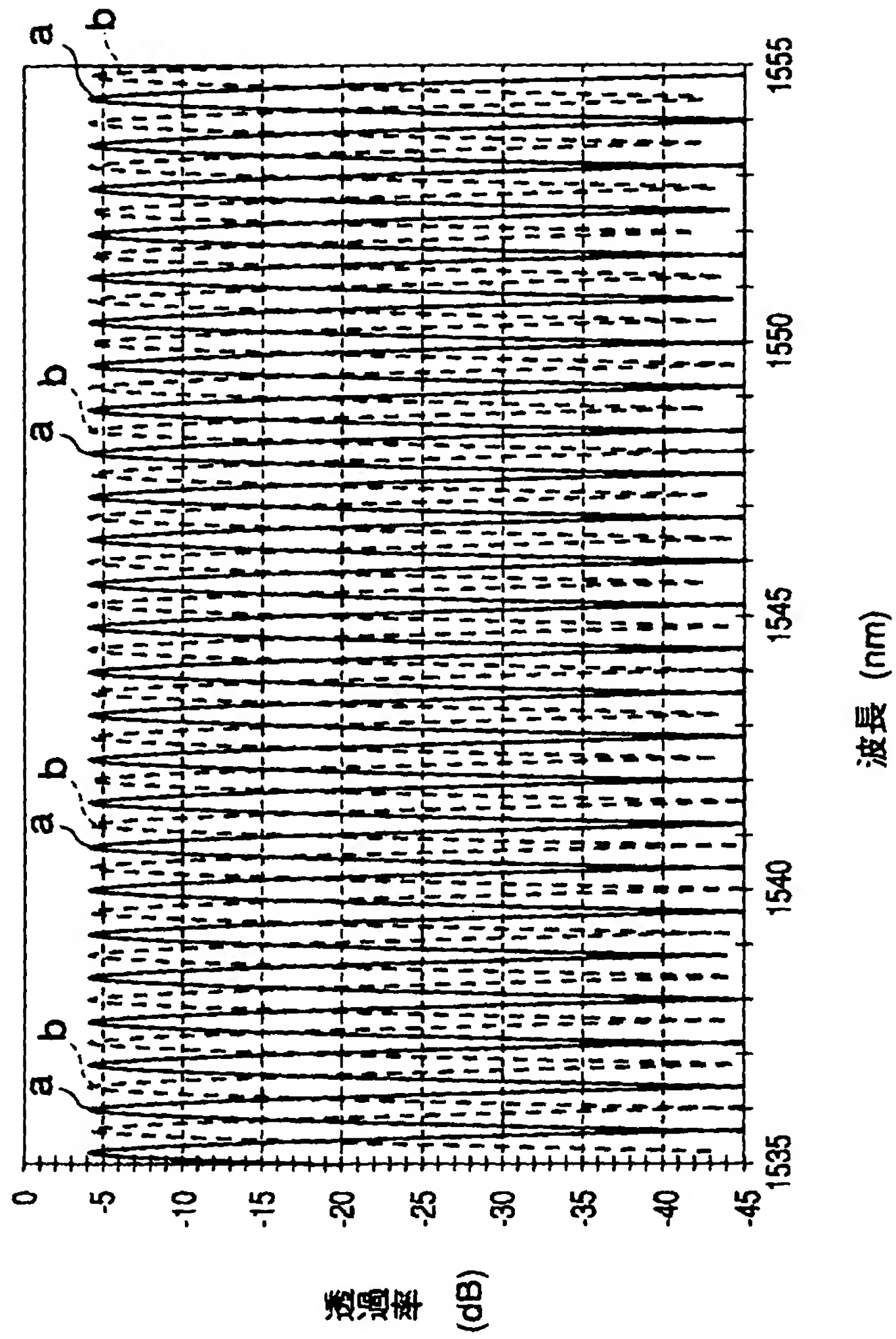
【図 7】



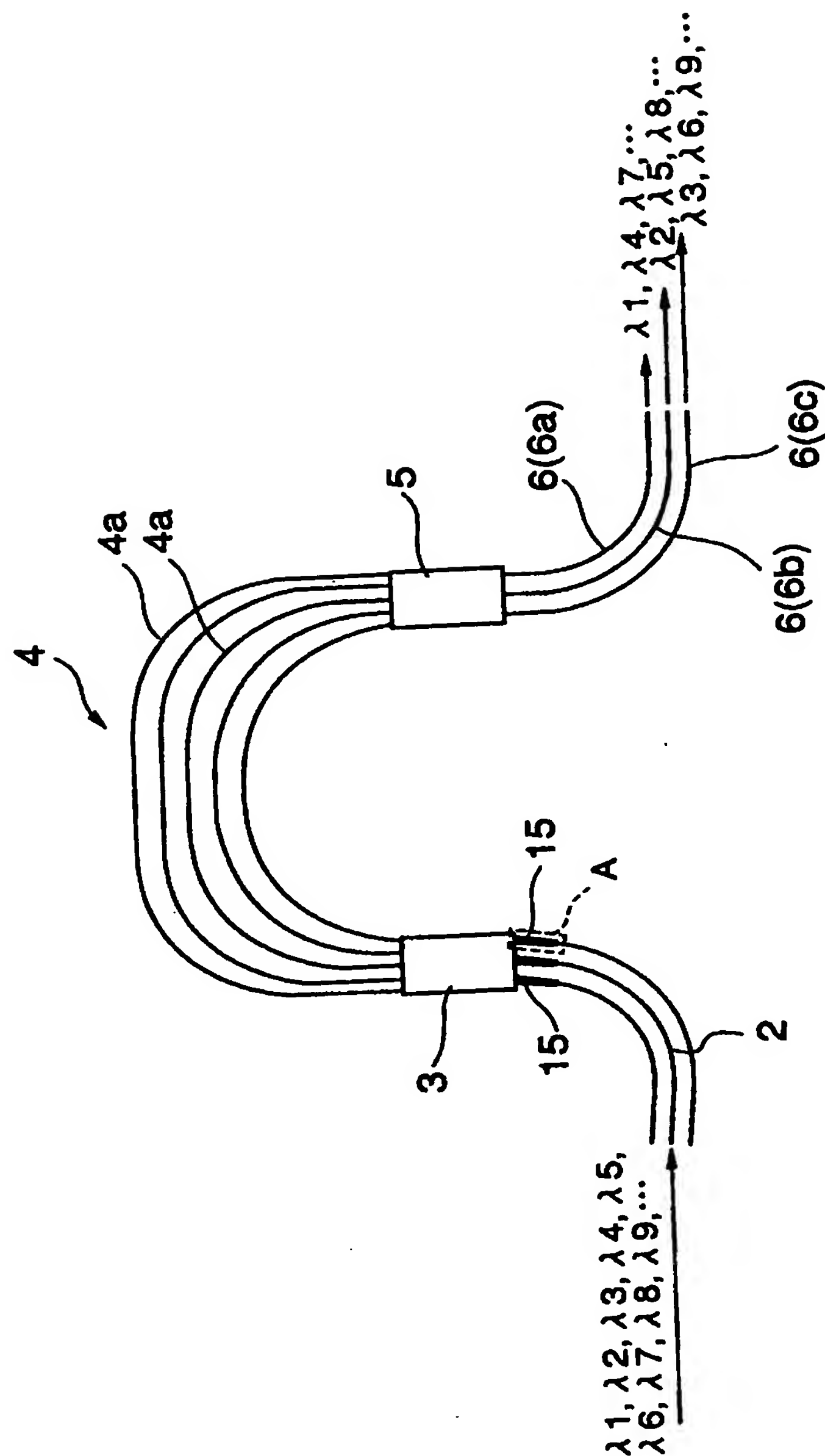
【 図 8 】



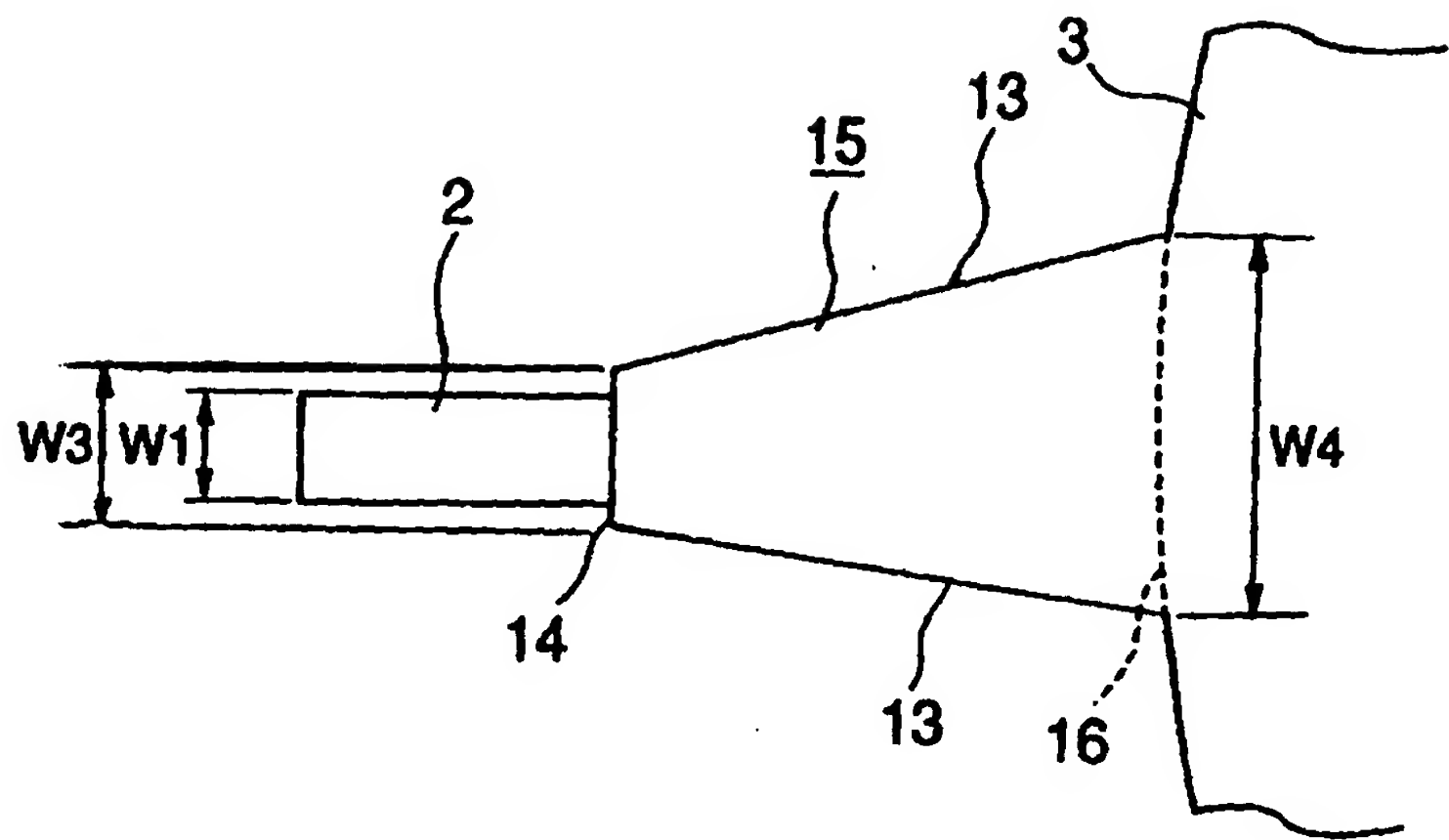
【図9】



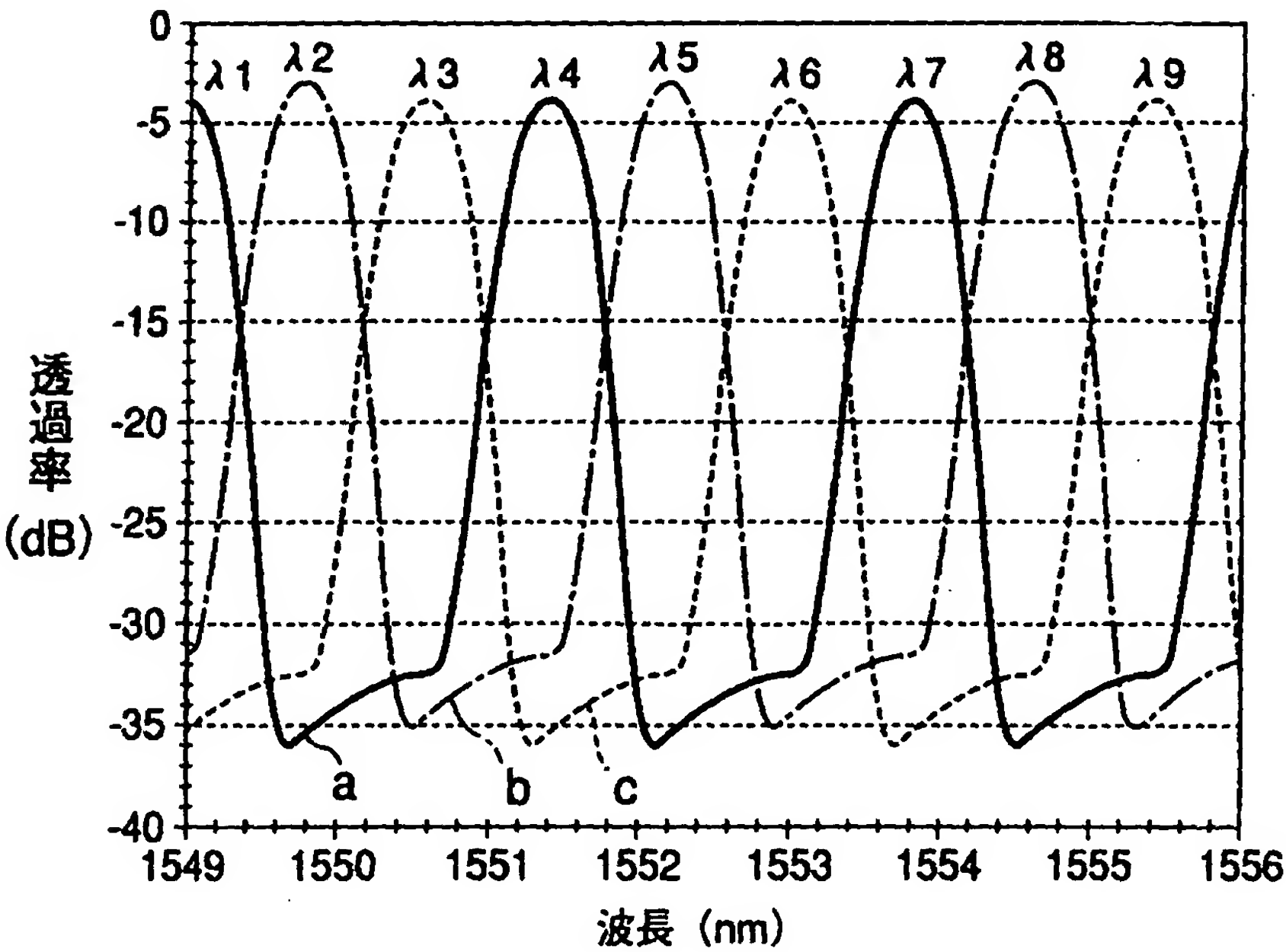
【 図 1 0 】



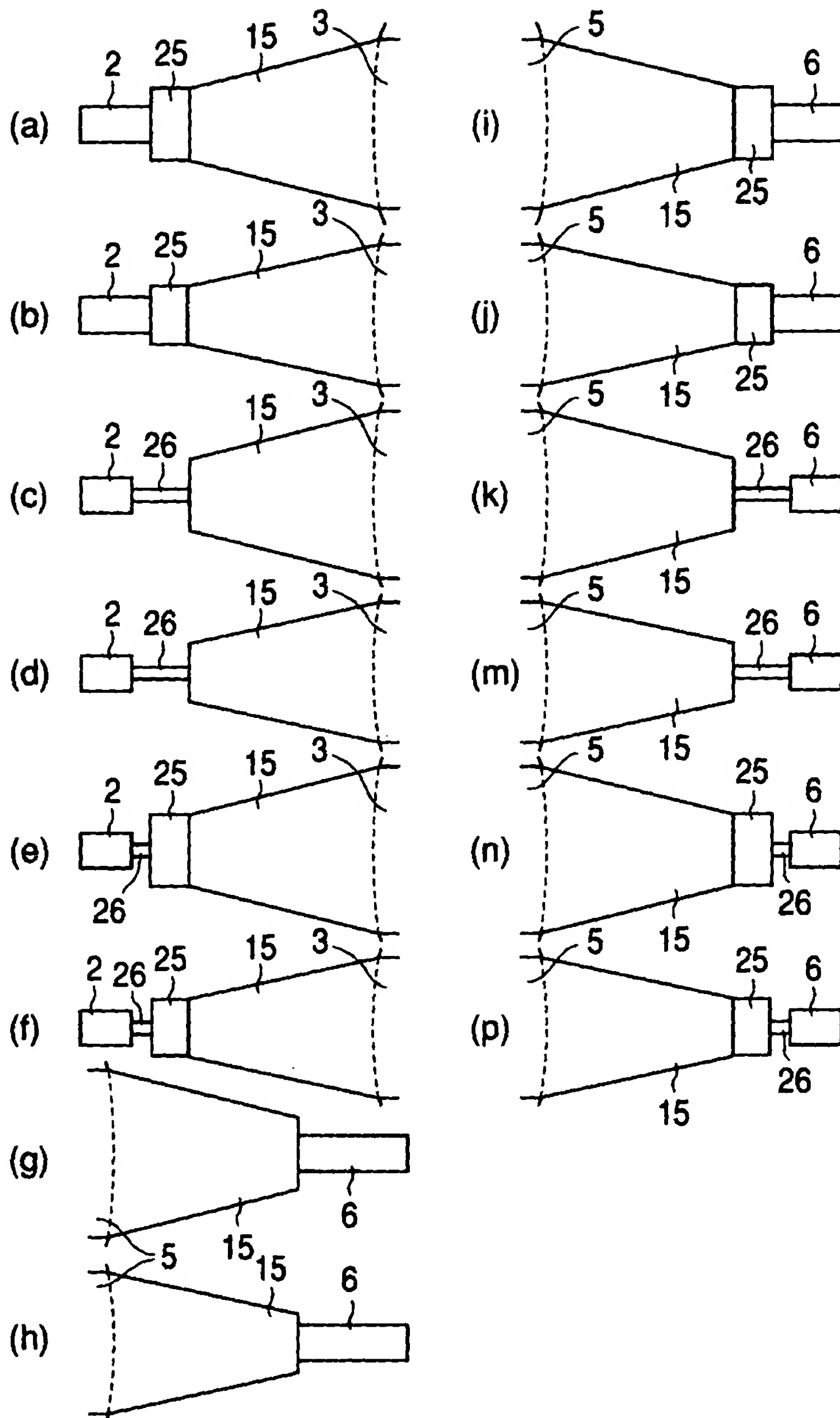
【図11】



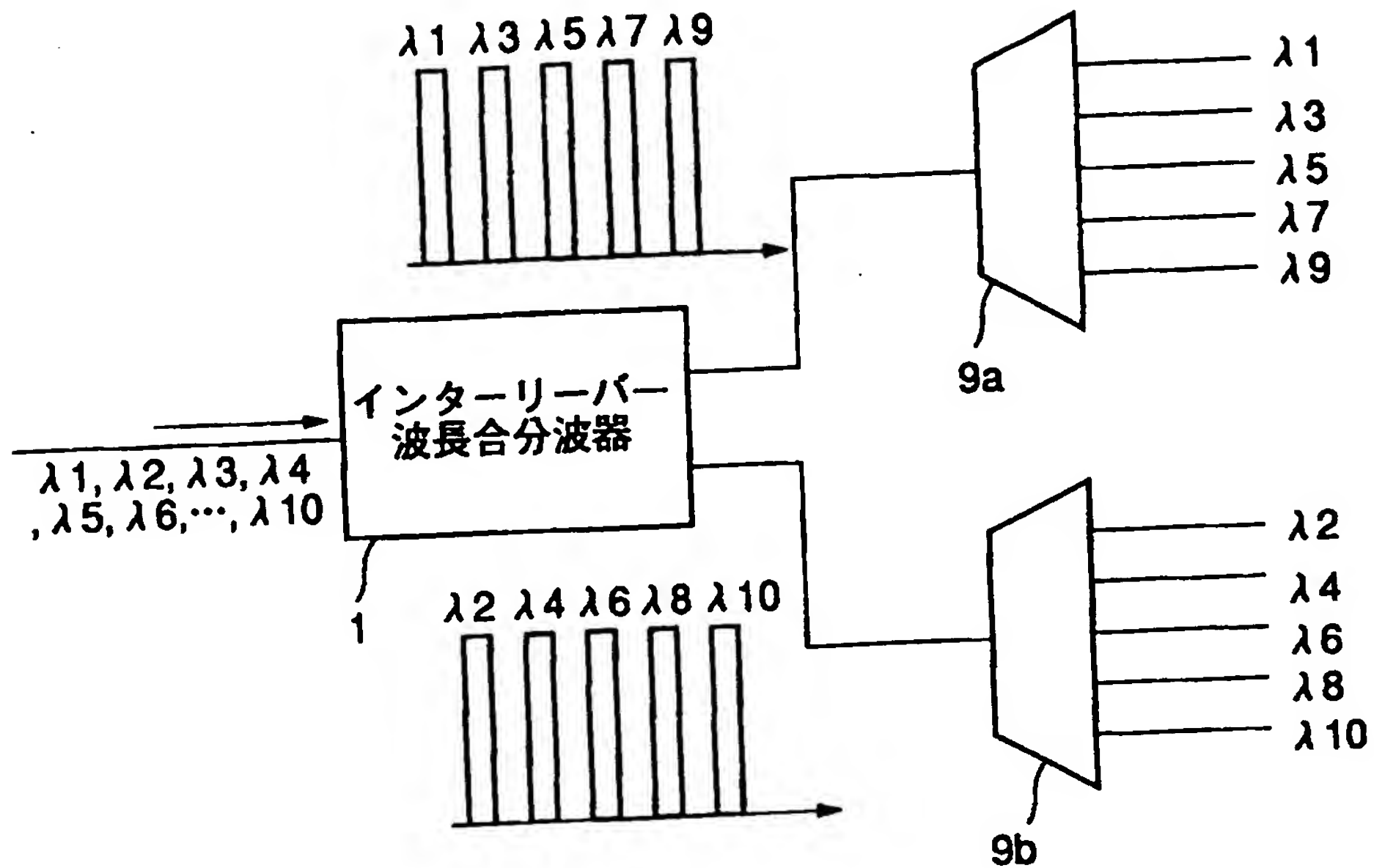
【図12】



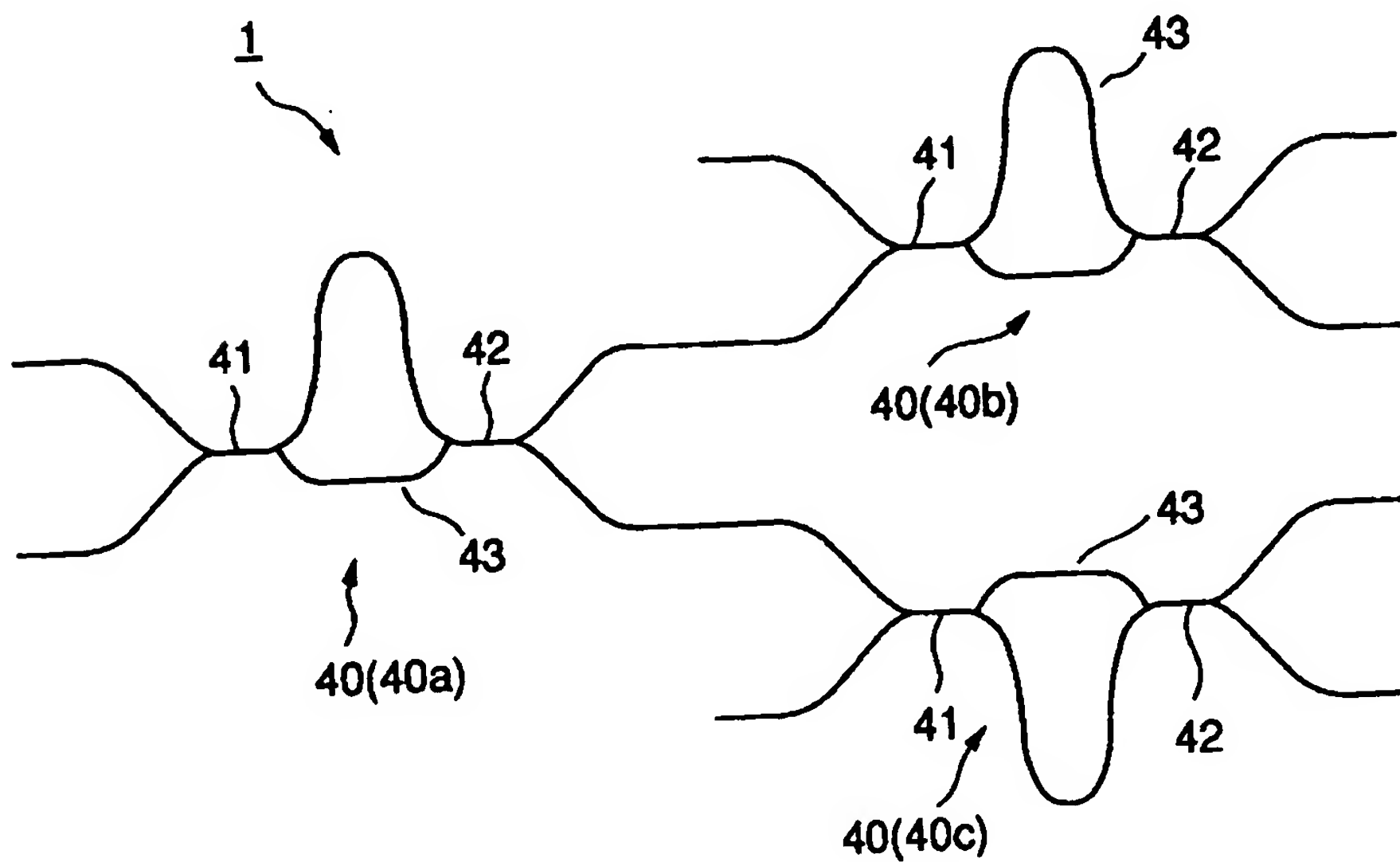
【図13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 量産性に富み、波長多重光を2つ以上の波長多重信号光に分波可能で、低クロストーク、高い波長確度を有する光波長合分波器を提供する。

【解決手段】 光入力導波路2と、第1のスラブ導波路3と、互いの長さが設定量異なる複数のチャンネル導波路4aを並設してなるアレイ導波路4と、第2のスラブ導波路5と、複数の並設した光出力導波路6とを順に接続してなる導波路形成領域を基板上に形成して光波長合分波器とする。該光波長合分波器の光波長合分波器の自由スペクトル領域を Δf_{fsr} 、光入力導波路2から入力される光の周波数間隔を Δf_{ch} 、光出力導波路6の本数を N_{ch} としたとき、 $\Delta f_{fsr} = \Delta f_{ch} \cdot N_{ch}$ の関係が成り立つようにする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名 古河電気工業株式会社